



TUGAS AKHIR - SF 141501

**Rancang Bangun Alat ukur Ketinggian
Permukaan Air Sungai Menggunakan Prinsip
Tekanan Berbasis Mikrokontroler Atmega328**

**MOH. FAHRUDIN
NRP 1110 100 025**

**Dosen Pembimbing:
Drs. Bahtera Indarto, M.Si
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc**

**JURUSAN FISIKA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SF 141501

**MEASURE INSTRUMENT DESIGN OF WATER LEVEL
USING PRESSURE PRINCIPLE BY ATMEGA328
MICROCONTROLLER**

**MOH FAHRUDIN
NRP 1110 100 025**

**Advisor:
Drs. Bahtera Indarto, M.Si
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc**

**DEPARTMENT OF PHYSICS
Faculty of Mathematics and Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETINGGIAN
PERMUKAAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN PRINSIP
TEKANAN BERBASIS NIKROKONTROLER
ATMEGA328**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Instrumentasi
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOH FAHRUDIN
NRP 1110 100 025

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Drs. Bahtera Indarto, M.Si
NIP. 19610404 1991021 001

Drs. Hasto Sunarno, M.Sc
NIP. 195600331 1980031 001

Surabaya, 10 Juli 2015

RANCANG BANGUN ALAT UKUR KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN PRINSIP TEKANAN BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328

Nama : Moh. Fahrudin
NRP : 1110100025
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Drs. Harto Sunarno, M.Sc

Abstrak

Telah dilakukan pembuatan alat ukur ketinggian permukaan air sungai menggunakan prinsip tekanan berbasis Mikrokontroler Atmega328. Besaran ketinggian permukaan air yang sebanding dengan tekanan di dalam Air akan dirubah menjadi besaran tekanan dengan menggunakan pipa transmitter yang di dalam terdapat sensor tekanan BMP085. Data diolah dengan menggunakan mikrokontroler ATmega382, yang kemudian ditampilkan pada liquid cristal display (LCD) 16x2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pipa transmitter dapat digunakan mengukur ketinggian permukaan air dengan menggunakan prinsip tekanan. Sensor Tekanan BMP085 dan pipa transmitter yang dirancang mampu digunakan dengan baik dengan berdasarkan pada faktor kalibrasi: $Level = 11,52 \times Tekanan - 11612$ mm. Ketika pengujian sistem, ketinggian ketinggian permukaan air pasang di pintu air kali Wonorejo, Surabaya dapat diamati dengan faktor koreksi : $Level = 11,47 \times Tekanan - 10149$ mm.

Kata kunci : Prinsip tekanan, Pengukuran level, Tinggi permukaan air

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MEASURE INSTRUMENT DESIGN OF WATER LEVEL USING PRESSURE PRINCIPLE BY ATMEGA328 MICROCONTROLLER

Name : Moh Fahrudin
NRP : 1110100025
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Drs. Bachtera Indarto, M.Si
Drs. Harto Sunarno, M.Sc

Abstract

Measuring instrument of water level has been manufactured using pressure principle by ATMEGA328 microcontroller based. The quantity of the water level is proportional to the pressure in the water will be converted to pressure quantities using a pressure sensor in the pipeline transmitter. Data is processed using atmega microcontroller is then displayed on the Liquid Crystal Display (LCD) 16x2. Based on the research, the pipeline transmitter can be used to measure the water level using the principle of pressure. BMP085 pressure sensor and pipe transmitter that have been designed are capable to be used based on calibration factors $Level = 11.52 \times pressure - 11612$ mm. When testing the system, the tide water level at the Wonorejo dam Surabaya was observed by a correction factor $level = 11.47 \times pressure - 10149$ mm.

Key word : Pressure principle, Level measurement , Water level.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'Alamiin, rasa syukur yang begitu mendalam penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu watta'ala yang telah mencurahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini beserta laporannya. Sholawat serta salam tak lupa penulis lantunkan kepada insan panutan sepanjang zaman, Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi teladan bagi penulis dalam menjalani kehidupan ini.

Laporan Tugas Akhir ini penulis susun sebagai syarat menyelesaikan pendidikan strata satu Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini ditulis dengan judul :

***“RANCANG BANGUN ALAT PENGUKURAN
KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SUNGAI
MENGUNAKAN PRINSIP TEKANAN BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA328”***

Begitu banyak suka dan duka yang telah alami demi menyelesaikan pendidikan di kampus perjuangan ini. Namun, berkat dukungan dan doa banyak pihak akhirnya penulis mampu menyelesaikannya.

Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak tersebut terutama kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Kusen dan Ibu Kasemu yang telah mendidik penulis sejak kecil, serta saudara-saudara (Kak afif, adik Evi dan Adi) sebagai sumber motivasi bagi penulis,
2. Segenap guru penulis di MA. Matholi'ul Anwar, MTs Putra-Putri Simo, MI. Tarbiyatul Banin dan TK Muslimat Matholi'ul Anwar yang telah membina dan medidik keimanan, keislaman, dan keilmuan penulis,

3. Bapak Dr. Yono Hadi Premano, M.Eng selaku Ketua Jurusan Fisika ITS dan Prof.Dr. Suasmoro, M.Sc yang telah menjadi dosen wali penulis.
4. Bapak Drs. Bahtera Indarto, M.Si dan Bapak Drs. Hasto Sunarno, M.Sc yang telah membimbing dan mengarahkan penulis saat mengerjakan Tugas Akhir maupun selama di ITS,
5. Bapak Dosen Penguji Tugas Akhir dan segenap dosen S1 Fisika ITS dan dosen-dosen ITS beserta jajarannya yang telah memperluas cakrawala pengetahuan dan wawasan penulis,
6. Teman-teman Cosmic 2010 Fisika ITS, Teman-teman Kombong Robot Cerdas FMIPA ITS, Kelompok Belajar Optoelektronika FISIKA ITS, serta Anggota Himasika ITS yang menemani dan membantu penulis selama di Surabaya dan Khususnya kepada Fahrur, Syaiful, Samsul, Alfian/Farah, dan Thoriq yang membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Para sahabat “Best Friend Saklawase” dan ‘Teh’ Asri Lestari Rosdiana yang telah memberikan dukungan dan semangat bagi penulis,

Kepada pihak-pihak tersebut penulis hanya mampu mengucapkan terima kasih teriring doa semoga Allah memberikan balasan kebaikan yang berlipat ganda.

Tiada gading yang tak retak, begitu pula laporan Tugas Akhir ini pastilah banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf kepada para pembaca beserta kritik dan saran demi perbaikan ke depannya. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua baik di dunia maupun di akhirat.

Surabaya, 10 Juli 2015

Penulis
Moh. Fahrudin

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
<i>Cover Page</i>	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
<i>Abstract</i>	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Lampiran	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengukuran Level	5
2.2 Tekanan dalam Fluida	8
2.3 Tekanan Atmosfir	10
2.4 Persamaan Bernouli	11
2.5 Pengukuran Tekanan	12
2.6 Kalibrasi	14
2.7 Mikrokontroler	15
2.8 BMP085	16
2.9 Liquid Crystal Display	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Peralatan dan Bahan	20

3.3 Langkah Kerja	
3.3.1 Kajian Literatur.....	21
3.3.2 Rancangan, Desain dan Pembuatan Alat	21
3.3.3 Kalibrasi.....	25
3.3.4 Pengujian Alat	25
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengukuran Tekanan di dalam Air Sungai.....	27
4.2 Kalibrasi Level Ketinggian Air Sungai	29
4.3 Pengujian Sistem Alat	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41
BIOGRAFI PENULIS.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Daftar perlengkapan dan bahan	20
------------------	-------------------------------------	----

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pegukuran langsung	6
Gambar 2.2	Pengukuran tidak langsung	6
Gambar 2.3	Gaya terhadap Fluida daam Kesetimbangan.....	8
Gambar 2.4	Fluida Diam dalam Wadah Terbuka.	9
Gambar 2.5	Usaha Netto yang Dilakukan terhadap Unsur yang Digambarkan Biru Lebih Tuasama dengan Pertambahan Energi Kinetik dan Energi Potensialnya	11
Gambar 2.6	(a) Manometer Tabung Terbuka untuk Mengukur Tekanan di dalam Tangki. (b) Barometer	13
Gambar 2.7	Konfigurasi Pin ATmega328.....	16
Gambar 2.8	(a.) BMP085 dan (b.) Dimensi BMP085	17
Gambar 2.9	LCD M1632	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2	Diagram Blok pengamatan ketinggian permukaan air sungai	22
Gambar 3.3	Sistem pengamatan ketinggian permukaan air sungai	22
Gambar 3.4	Rancang bangun: (a.) Pipa Transmitter dan (b.) Tutup pipa transmitter	23
Gambar 3.5	Rangkaian Sensor BMP085 dengan <i>Board</i> Arduino Uno.....	24
Gambar 3.6	Rangkaian LCD dengan Arduino.....	25
Gambar 3.7	Diagram Alir Pengukuran Ketinggian	26
Gambar 4.1	Pipa <i>Transmitter</i> dan Sensor Tekanan (BMP085)28	
Gambar 4.2	Grafik hubungan level dengan tekanan pada alat. 30	
Gambar 4.3	Grafik hubungan level dengan tekanan pada alat yang terkalibrasi	31
Gambar 4.4	Grafik hubungan level alat ukur standar dengan level alat ukur	32
Gambar 4.4	Grafik hubungan level alat ukur standar dengan level alat ukur	35

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Data Hasil Pembacaan Level Tinggi Air dengan Mistar dan Sensor Tekanan (BMP085)41
LAMPIRAN B	Data Hasil Pengujian dan Perhitungan43
LAMPIRAN C	Data Hasil Pengujian di Pintu Air Kali Wonorejo47
LAMPIRAN D	Program Pembacaan Tekanan, Level dan Tampilan LCD51
LAMPIRAN E	Foto Pengambilan Data53

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Air merupakan elemen utama yang ada di bumi. Sebagian besar (71%) dari permukaan bumi tertutup oleh air. Sekalipun jumlah air relatif konstan, tetapi air tidak diam melainkan bersirkulasi secara terus-menerus. Tanpa air tidak akan ada ekosistem lingkungan. Air juga mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia, air digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk keperluan rumah tangga sampai dengan industri. Air yang digunakan dapat berasal dari air laut, air tanah, air danau atau air sungai. Jumlah ketersediaan air yang dibutuhkan oleh industri maupun masyarakat umum harus tetap dijaga ketersediaannya dengan baik dan tercukupi. Karena ketersediaan air dapat mempengaruhi proses produksi (pada industri) dan proses kehidupan sehari-hari. Untuk mengetahui jumlah ketersediaan air tersebut, diperlukannya suatu alat yang dapat mengukur level air.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat terutama dibidang instrumentasi dan pengukuran. Salah satunya adalah pengukuran level air. Perancangan dan pengukuran level air dilakukan untuk alasan kemudahan dalam melakukan pengukuran dan pengamatan ketinggian air. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan perancangan alat ukur ketinggian permukaan air sungai menggunakan prinsip tekanan yang mampu mendeteksi tinggi permukaan air secara *realtime* dan *continous*. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran level permukaan air sungai berbasis mikrokontroller ATmega 328 sebagai pengolah data. Hasil yang diperoleh akan ditampilkan dalam LCD agar lebih memudahkan dalam pengamatan di lokasi pengukuran

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang ada pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana membuat alat ukur ketinggian permukaan air Sungai dengan menggunakan prinsip tekanan?
2. Bagaimana sensor tekanan BMP085 dapat digunakan untuk mengukur ketinggian permukaan air sungai?
3. Bagaimana rancang bangun sistem monitoring ketinggian level air sungai?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, permasalahan dibatasi pada :

1. Pipa transmiter yang digunakan berbahan PVC (*Polyvinil Chloride*).
2. Temperatur air saat pengukuran dianggap konstan.
3. Sensor tekanan yang digunakan modul BMP085.
4. Alat ini berbasis mikrokontroler ATMEGA328 yang terintegrasi dalam bord Arduino Uno.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengetahui prinsip tekanan untuk mengukur ketinggian level air sungai.
2. Mengetahui cara kerja sensor tekanan BMP085 untuk mengukur ketinggian permukaan air sungai.
3. Membuat rancang bangun sistem monitoring ketinggian level air sungai.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah system pengukuran yang bisa digunakan untuk mengetahui level ketinggian air, khususnya air sungai sehingga dapat dijadikan sebagai alat pendeteksi bencana banjir.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari uraian singkat yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang landasan teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian yang dilakukan. Bab III berisikan metodologi penelitian yang dilakukan. Bab IV analisis data dan pembahasannya serta Bab V kesimpulan dan saran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengukuran level

Setiap alat ukur instrument yang dipergunakan untuk mengukur dan menunjukkan tinggi dari permukaan cairan disebut sebagai alat ukur level.

Pengukuran tinggi permukaan cairan (level) adalah berkaitan dengan keterpasangan terhadap peralatan proses yang berbentuk kolom seperti : tangki, drum, maupun tabung silinder.

Tujuan dari pengukuran tinggi permukaan cairan ini adalah

- Mencegah kerusakan dari peralatan instrumentasi akibat dari kekosongan serta kerugian akibat cairan terbuang
- Pengontrolan jalannya proses
- Mendapatkan kualitas produksi yang diinginkan.

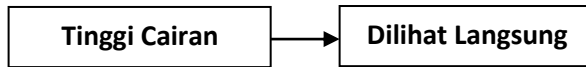
Pengetahuan akan alat ukur level dan objek yang dihadapi adalah suatu syarat agar kepengurusan yang benar dapat dilakukan. Ini juga berarti bahwa cara melakukan pengukuran yang benar akan diperoleh, jika objek yang dihadapi dapat diketahui disamping pengetahuan tentang cara kerja alat ukur level juga harus dikuasai. Berdasarkan alat ukurnya, pengukuran dapat dilakukan dengan cara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung adalah pengukuran yang memiliki pembanding standar, yaitu suatu pengukuran yang mempunyai nilai standar, misalnya ukuran panjang dan berat. Sedangkan pengukuran dikatakan tidak langsung bila pembandingnya adalah suatu yang telah dikalibrasikan terhadap besaran standar, misalnya thermometer elektronik. Karena sulitnya untuk mendapatkan alat ukur standar, sedangkan besaran yang akan diukur banyak sekali jenisnya. Maka teknologi telah menghasilkan banyak cara untuk menghasilkan alat ukur tidak langsung.

Metode-metode dari pengukuran level sangat perlu dilakukan untuk memperoleh data yang diinginkan untuk menghindari

kesalahan dalam pengukuran yang dapat mengakibatkan kerugian. Dalam hal pengukuran ataupun penunjukkan tinggi permukaan cairan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :

➤ **Metode Pengukuran Langsung**

Tinggi dari permukaan cairan dapat dilihat secara langsung dan diduga kedalamannya dalam satuan pengukuran panjang (meter), seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pengukuran langsung

Biasanya metode pengukuran langsung ini dipakai oleh industri yang memerlukan tempat penampungan ataupun tangki yang berukuran kecil. Dengan diketahuinya tinggi permukaan cairan maka volume dapat diketahui bila diinginkan.

➤ **Metode Pengukuran Tidak Langsung**

Tinggi dari permukaan cairan tidak dapat dilihat secara langsung. Tinggi dari permukaan cairan dapat diketahui dengan mengukur tekanan hidrostatika dari cairan.

Gaya pada cairan menghasilkan gerak mekanik. Pergerakan mekanik ini kemudian dikalibrasi di dalam bentuk skala angka – angka, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pengukuran tidak langsung

Metode pengukuran level secara langsung maupun secara tidak langsung dapat dilihat dengan bantuan dari alat ukur instrument sehingga dapat diketahui berapa ketinggian dari metode yang diukur.

Mengetahui karakteristik alat ukur adalah penting agar pekerjaan pengukuran secara menyeluruh (persiapan, pelaksanaan dan analisis) dapat diandalkan keberhasilannya. Seseorang tidak akan dapat merancang pengukuran dengan benar tanpa mengetahui arti karakteristik dari alat ukur. Beberapa karakteristik penting dari alat ukur adalah:

- a. Ketelitian atau Keseksamaan (Accuracy)
Ketelitian atau accuracy didefinisikan sebagai ukuran seberapa jauh hasil pengukuran mendekati harga sebenarnya.
- b. Kecermatan atau Keterulangan (Precision/Repeatability)
Adalah yang menyatakan seberapa jauh alat ukur dapat mengulangi hasilnya untuk harga yang sama. Dengan kata lain, alat ukur belum tentu akan dapat memberikan hasil yang sama jika diulang, meskipun harga besaran yang diukur tidak berubah. Hal tersebut berarti bahwa jika suatu mikrometer menghasilkan angka 0,0002 mm, dan hasil yang sama akan diperoleh kembali meskipun pengukuran diulang-ulang, dikatakan bahwa mikrometer tersebut sangat cermat.
- c. Resolusi
Resolusi adalah nilai perubahan terkecil yang dapat dirasakan oleh alat ukur. Sebagai contoh : suatu timbangan pada jarum penunjuk yang menunjukkan perubahan 0,1 gram (terkecil yang dapat dilihat) maka dikatakan bahwa resolusi dari timbangan tersebut adalah 0,1 gram. Harga resolusi sering dinyatakan pula dalam persen skala penuh.
- d. Sensitivitas (Sensitify)
Sensitivitas adalah ratio antara perubahan pada output terhadap perubahan pada input. Pada alat ukur yang linier, sensitivitas adalah tetap. Dalam beberapa hal harga sensitivitas yang besar menyatakan pula keunggulan dari alat ukur yang bersangkutan. Alat ukur yang terlalu sensitif adalah sangat mahal, sementara belum tentu bermanfaat untuk maksud yang kita inginkan (Suriadi Ginting, 2009).

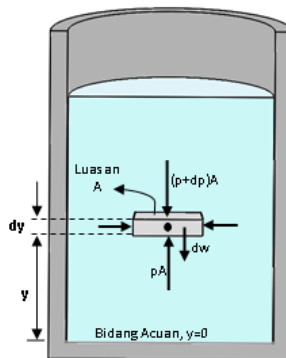
2.2 Tekanan Dalam Fluida

Tekanan di sembarang titik sebagai perbandingan gaya normal dF yang bekerja pada suatu luasan kecil dA pada titik itu sendiri berada, terhadap luas dA itu:

$$p = \frac{dF}{dA}, \quad dF = p dA \dots \dots \dots (2.1)$$

Jika tekanan itu sama di semua titik pada bidang seluas A , maka persamaan-persamaan ini menjadi:

$$p = \frac{F}{A}, \quad F = pA \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.3 Gaya terhadap fluida dalam kesetimbangan (Sears & Zemansky, 1998).

Jika fluida dalam kesetimbangan, maka semua unsur volumenya juga dalam kesetimbangan. Jika unsur berbentuk lapisan sangat tipis (seperti pada Gambar 2.3) dengan tebal dy dan luas permukaan A dan rapat massa fluida ρ , maka massa unsur itu adalah $\rho A dy$ dan beratnya dw adalah $\rho g A dy$. Gaya yang dikerjakan pada unsur tersebut oleh fluida sekelilingnya dimana-mana selalu tegak lurus pada permukaan unsur. Berdasarkan simetri, gaya resultan horisontal pada sisinya sama

dengan nol. Gaya ke atas pada permukaan sebelah bawah adalah pA , sedangkan gaya ke bawah pada permukaan sebelah atas adalah $(p + dp)A$. Karena dalam kesetimbangan, maka

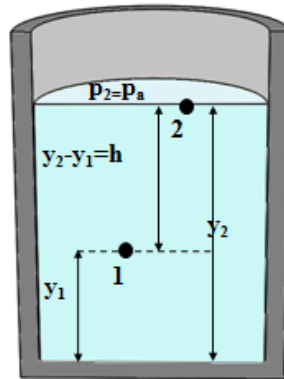
$$\sum F_y = 0$$

$$pA - (p + dp)A - \rho g A dy = 0 \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Oleh karena itu

$$\frac{dp}{dy} = -\rho g \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

Karena ρ dan g keduanya besaran positif, maka dy yang positif (tinggi bertambah) oleh karenanya dp yang negatif (tekanan berkurang) (Sears & Zemansky, 1998).



Gambar 2.4 Fluida diam dalam wadah terbuka (Sears & Zemansky, 1998).

Jika p_1 dan p_2 adalah tekanan pada tinggi y_1 dan y_2 di atas suatu bidang acuan, maka integrasi persamaan (2.4), kalau ρ dan g konstan, menghasilkan

$$p_2 - p_1 = -\rho g (y_2 - y_1) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

jika persamaan ini diterapkan pada zat cair dalam bejana terbuka seperti pada Gambar 2.4, diambil titik 1 pada bidang sembarang dan misalkan p adalah tekanan pada titik ini, ambil titik 2 di permukaan zat cair dimana tekanan sama dengan tekanan atmosfer p_a . Maka

$$p_a - p = -\rho g(y_2 - y_1)$$

$$p = p_a + \rho gh \dots \dots \dots (2.6)$$

Perhatikan bahwa bentuk bejana tidak mempengaruhi tekanan dan bahwa tekanan itu sama di semua titik pada kedalaman yang sama (Halliday & Resnick, 1990).

2.3 Tekanan Atmosfir

Tekanan atmosfer bumi pada setiap fluida berubah terhadap kedalaman. Tetapi atmosfer bumi agak rumit karena tidak saja massa jenis udara bervariasi cukup banyak terhadap ketinggian, tetapi juga karena tidak ada batas atmosfer yang jelas dari mana h (pada Persamaan 2.6) dapat diukur. Bagaimanapun, dapat dihitung perkiraan perbedaan tekanan antara dua ketinggian dengan menggunakan Persamaan 2.5.

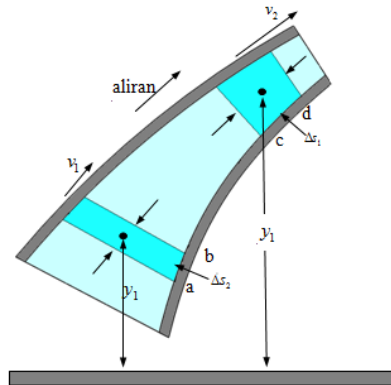
Tekanan udara di suatu tempat tertentu sedikit bervariasi menurut cuaca. Pada permukaan laut, rata-rata tekanan atmosfer adalah $1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ (atau $14,7 \text{ lb/in}^2$). Nilai ini digunakan untuk mendefinisikan satuan tekanan lain yang sering digunakan, **atmosfir** (atm):

$$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 101,3 \text{ kPa}.$$

Satuan lain yang biasa digunakan adalah bar, yang didefinisikan sebagai $1 \text{ bar} = 1,00 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ kPa}$. Dengan demikian tekanan atmosfer standar sedikit lebih besar dari satu bar (Giancoli, 2001).

2.4 Persamaan Bernoulli

Ketika fluida yang tidak dapat dimampatkan mengalir sepanjang pembuluh aliran yang penampang lintangnya tidak sama besar, maka kecepatannya akan berubah, yaitu, dapat bertambah atau berkurang. Oleh karena itu, tentu ada gaya resultan yang bekerja terhadapnya, artinya bahwa tekanan sepanjang pembuluh aliran itu berubah, meskipun ketinggiannya tidak berubah. Untuk dua titik yang ketinggiannya berbeda, perbedaan tekanan tidak hanya tergantung pada perbedaan tinggi permukaan, tetapi juga pada perbedaan antara kecepatan pada masing-masing titik tersebut. Rumus umum untuk perbedaan tekanan ini dapat diperoleh langsung dari hukum Newton. Tetapi lebih mudah lagi kalau dalil usaha-energi yang diterapkan. Hal ini pertama kali diuraikan oleh Daniel Bernoulli pada tahun 1738.



Gambar 2.5 Usaha netto yang dilakukan terhadap unsur yang digambarkan biru lebih tua dengan penambahan energi kinetik dan energi potensialnya (Sears & Zemansky, 1998).

Gambar 2.5 menggambarkan bagian sebuah pembuluh aliran. Bila unsur kecil fluida (digambarkan biru lebih tua), yang bergerak dari suatu titik ke titik yang lainnya di sepanjang pembuluh itu. Misalkan y_1 adalah ketinggian titik pertama di atas suatu permu-

kaan patokan, v_1 kecepatan di titik ini, A_1 luas penampang lintang pembuluh, dan p_1 tekanan. Semua besaran ini dapat berubah-ubah dari titik ke titik, dan y_2 , v_2 , A_2 , dan p_2 adalah harganya pada titik kedua.

Karena fluida itu mendapat tekanan di semua titik, terhadap kedua permukaan unsur kecil tersebut bekerja gaya-gaya yang mengarah ke dalam, seperti ditunjukkan oleh anak-anak panah tebal. Waktu unsur ini bergerak dari titik pertama ke titik kedua, gaya yang bekerja terhadap muka kirinya melakukan usaha positif dan yang bekerja terhadap muka kanannya, gaya negatif. Usaha netto, atau selisih antara usaha positif dan usaha negatif tersebut, sama dengan perubahan energi kinetik unsur yang bersangkutan ditambah perubahan energi potensial.

Dimisalkan A adalah luas penampang lintang pembuluh itu di suatu titik dan p adalah tekanan di sana, maka gaya terhadap satu permukaan unsur fluida di titik itu adalah pA . Pada gerak yang terlukis dalam diagram, usaha yang dilakukan oleh gaya yang bekerja terhadap muka kiri unsur fluida adalah

$$\int_a^c F ds = \int_a^c pA ds$$

Kalau persamaan Bernoulli diterapkan pada titik 1 dan titik 2, serta mengambil dasar tangki sebagai tinggi patokan, maka diperoleh

$$p + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh = p_a + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \dots \dots \dots (2.6)$$

2.5 Pengukuran Tekanan

Pengukur tekanan yang paling sederhana adalah manometer pipa terbuka seperti pada Gambar 2.6(a). Alat ini berupa pipa berbentuk U yang berisi zat cair. Salah satu ujung akan ditentukan tekanan p dan di ujung yang lain berhubungan dengan atmosfer. Tekanan pada dasar kolom sebelah kiri adalah $p + \rho gy_1$

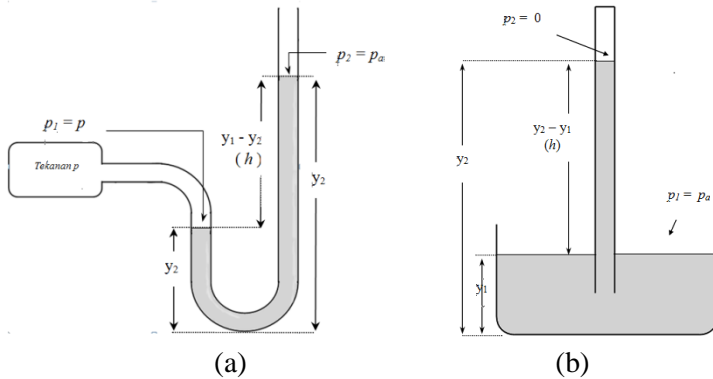
sedangkan pada dasar kolom sebelah kanan $p_a + \rho g y_2$ dimana ρ adalah rapat massa pada monometer itu. Karena tekanan-tekanan tersebut keduanya bekerja terhadap titik yang sama, maka

$$p + \rho g y_1 = p_a + \rho g y_2$$

dan

$$p - p_a = \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

Tekanan p disebut dengan tekanan mutlak, sedangkan selisih $p - p_a$ antara tekanan ini dengan tekanan atmosfer disebut tekanan relatif atau tekanan pengukur (*gauge pressure*). Ternyata, tekanan pengukur itu sebanding dengan selisih tinggi kolom-kolom zat cair itu.



Gambar 2.6(a) Manometer Tabung Terbuka untuk Mengukur Tekanan di dalam Tangki. (b) Barometer (Halliday & Resnick, 1990).

Barometer raksa terdiri atas pipa gelas panjang yang sudah diisi dengan raksa lalu dibalik dan dimasukkan ke dalam bejana berisi raksa pula, seperti Gambar 2.6 (b). Dalam ruang di atas kolom raksa hanya ada uap raksa yang tekanannya pada temperatur kamar sangatkecil sehingga dapat diabaikan, maka

$$p_a = \rho g (y_2 - y_1) = \rho g h$$

tekanan yang dilakukan oleh kolom raksa yang tingginya 1 mm biasanya disebut dengan 1 Torr sebagai bentuk penghormatan

kepada Torricelli yang pertama kali menyelidiki tentang kolom barometer raksa.

Tinggi kolom raksa bergantung pada ρ dan g dan juga pada tekanan atmosfer. Jadi, baik rapat massa maupun percepatan gravitasi setempat harus diketahui. Rapat massanya berubah-ubah, bergantung temperatur cuaca sedangkan g bergantung pada letak lintang dan tinggi letak (elevasi) di atas permukaan laut. Semua barometer berketelitian tinggi mempunyai termometer dan suatu daftar koreksi untuk perbedaan temperatur dan tinggi letak.

Pengukuran tekanan jenis Bourdon untuk kebanyakan keperluan lebih praktis dari pada monometer zat cair. Alat ini terdiri atas sebuah tabung kuningan yang digepengkan, salah satu ujungnya tertutup dan ditekuk sampai berbentuk lingkaran. Ujung yang tertutup itu dihubungkan oleh roda bergigi dan pinion dengan jarum penunjuk yang bergerak di atas skala. Ujung yang terbuka dihubungkan dengan perkakas yang tekanannya akan diukur. Jika tekanan sudah bekerja dalam pipa gepeng tadi, maka pipa akan menjadi kurang lengkungnya, seperti halnya slang karet menjadi lurus karena dilalui air. Gerak ujung tertutup yang timbul karenanya diteruskan ke jarum penunjuk skala (Sears & Zemansky, 1998).

2.6 Kalibrasi

Kalibrasi merupakan proses verifikasi bahwa suatu akurasi alat ukur sesuai dengan rancangannya. Kalibrasi bisa dilakukan dengan membandingkan suatu standar yang terhubung dengan standar nasional ataupun internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi.

Sistem manajemen kualitas memerlukan sistem pengukuran yang efektif, termasuk di dalamnya kalibrasi formal, periodik dan terdokumentasi, untuk semua perangkat pengukuran. ISO 9000 dan ISO 17025 memerlukan sistem kalibrasi yang efektif. Kalibrasi diperlukan untuk :

- Perangkat baru
- Suatu perangkat dalam waktu tertentu

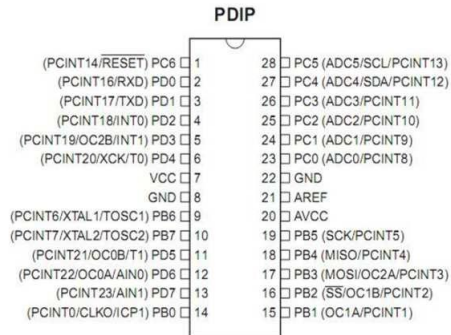
- Setiap perangkat setiap waktu penggunaan tertentu (jam operasi)
- Ketika suatu perangkat mengalami pengaruh luar yang berpotensi mengubah kalibrasi
- Ketika hasil observasi dipertanyakan

Kalibrasi pada umumnya, merupakan proses untuk menyesuaikan keluaran dari suatu perangkat pengukuran agar sesuai dengan besaran dari standar yang digunakan dalam akurasi tertentu. Contohnya, termometer dapat dikalibrasi sehingga kesalahan indikasi atau koreksi dapat ditentukan dan disesuaikan sehingga termometer tersebut menunjukkan temperatur yang sebenarnya dalam celcius pada titik-titik tertentu di skala (Morris, 2001).

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Sebuah mikrokontroler yang dibuat dengan menggunakan arsitektur Harvard dimana data dan program disimpan secara terpisah sehingga sangat baik untuk sebuah sistem terbenam di lapangan karena terlindungi dari interferensi yang dapat merusak isi program yaitu AVR. Salah satu mikrokontroler keluarga AVR yaitu ATmega328.

ATMega328 memiliki fitur cukup lengkap, mulai dari kapasitas memori program dan memori data yang cukup besar, interupsi, timer/counter, PWM, USART, TWI, analog comparator, EEPROM internal dan juga ADC internal. Gambar 2.7 merupakan penjelasan mengenai konfigurasi pin-pin yang merupakan bagian dari mikrokontoller ATMega328 (www.jasonvolk.com, 2010).

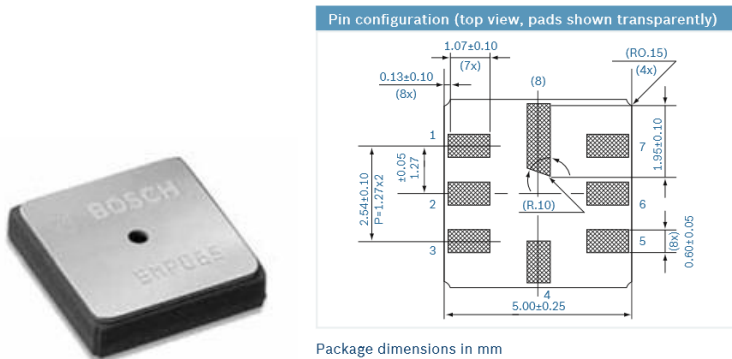


Gambar 2.7 Konfigurasi Pin ATmega328
(www.jasonvolk.com, 2010)

2.8 BMP085

BMP085 merupakan sensor tekanan udara (barometer) dengan presisi yang tinggi dan konsumsi tegangan yang rendah. BMP085 digunakan untuk aplikasi yang canggih. Dengan akurasi tekanan mutlak 2.5hPa dan tingkat gangguan sebesar 0.03hPa (yang setara dengan Perubahan ketinggian hanya 0.25m). Pada saat yang sama BMP085 memiliki Fitur konsumsi daya ultra rendah 3μA. BMP085 sensor pilihan yang tepat untuk setiap aplikasi yang membutuhkan pengukuran tekanan udara yang tepat, seperti misalnya ponsel, PDA, perangkat navigasi berbasis GPS pribadi dan peralatan *advan-CED Outdoor*.

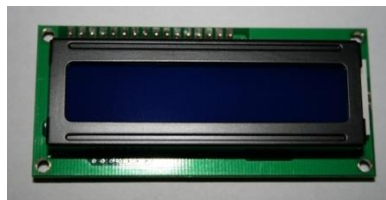
Sensor BMP085 didasarkan pada teknologi piezo-resistif MEMS untuk EMC ketahanan, akurasi tinggi dan linearitas serta stabilitas jangka panjang. Muncul dalam 8-pin ceramic lead-less chip carrier (LCC) paket ultra-tipis, tapi kuat. BMP085 dirancang untuk dihubungkan langsung ke mikrokontroler dari perangkat mobile melalui bus I2C. The BMP085 adalah penerus langsung dari sensor tekanan SMD500, yang menandai generasi baru sensor tekanan digital dengan presisi yang tinggi (Bosch, 2008)



Gambar 2.8 (a.) BMP085 dan (b.) Dimensi BMP085 (<http://www.spezial.cz>, 2015).

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid crystal display adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah *controler* CMOS didalamnya. *Controler* tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Bentuk LCD dapat dilihat pada Gambar 2.7. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu instruksi modul LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU.



Gambar 2.9 LCD M1632

Dalam sistem monitoring keluaran sensor konduktifitas LCD yang digunakan adalah M1632 dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakter dibentuk oleh 8 baris

pixel (1 baris *pixel* terakhir adalah kursor). Dan perlu diketahui bahwa suatu komponen elektronik dengan mikrokontroler memiliki fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen ini adalah :

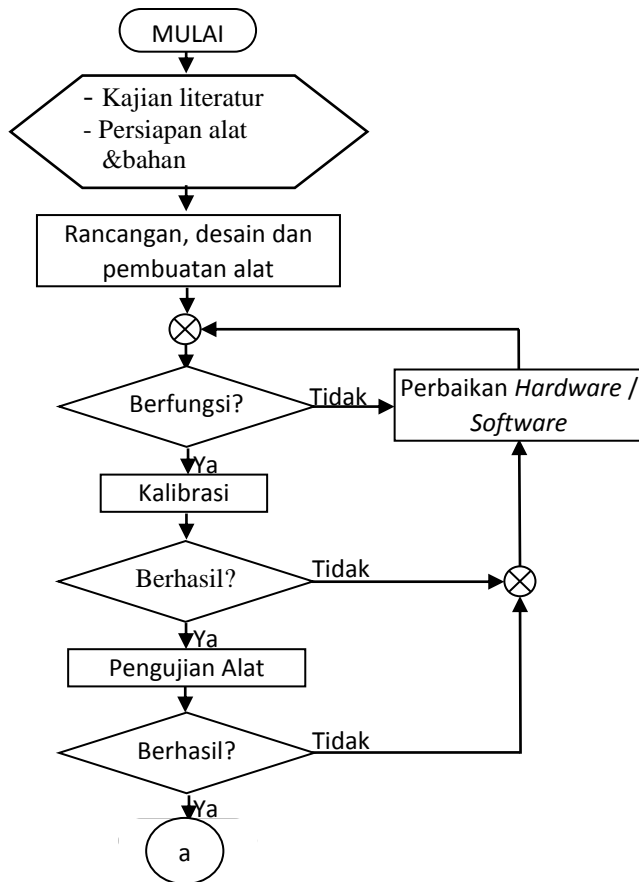
1. Kaki 1 (GND), kaki ini berhubungan dengan tegangan 5 V yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
2. Kaki 2 (VCC), kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt dan modul LCD.
3. Kaki 3 (VEE/VLCD), tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada V5. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
4. Kaki 4 (RS), *register Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses keregister data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke register perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
5. Kaki 5 (R/W), logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *ground*.
6. Kaki 6 (E), *Enable clock* LCD, kaki ini mengaktifkan clock LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
7. Kaki 7-14 (D0-D7), data bus, kedelapan kaki modul LCD ini adalah bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit atau 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
8. Kaki 15 (Anoda), berfungsi untuk tegangan positif dari backlight modul LCD sekitar 4,5 volt.
9. Kaki 16 (Katoda), tegangan *negative backlight* modul LCD sebesar 0 volt.

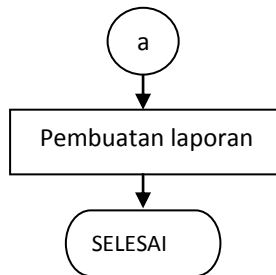
(Nuning A., 2013).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini, digambarkan dalam diagram alir berikut.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

3.2 Peralatan dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan bahan. Peralatan yang dibutuhkan mencakup perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) antara lain disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.1 Daftar Perlengkapan dan Bahan.

No.	Jenis	Nama	Keterangan
1	Power Supply	Panel surya	Penangkap sinar matahari
2		Accu	Penyimpan daya dari panel surya
3		Catu daya	Sebagai pencatu daya yang dibutuhkan
4	Hardware	BMP085	Sebagai sensor tekanan
5		Pipa	Sebagai <i>transmitter</i>
6		Modul Arduino uno	pengolah data dari sensor
7		Modul Sim900	Sebagai Pengirim data menggunakan GPRS
8		LCD (16x2)	Menampilkan data dilapangan
9		PC/Laptop	Untuk memprogram Arduino uno, menampilkan/mengolah

			data
10		Kabel USB A-B	Koneksi Arduino ke Komputer
11	Software	IDE Arduino	Untuk Pemrograman Arduino
13		Microsoft excel	Pengolahan data saat kalibrasi

3.3 Langkah Kerja

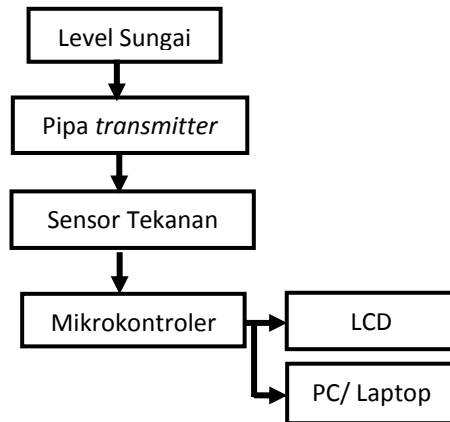
Langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini terbagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut.

3.3.1 Kajian Literatur

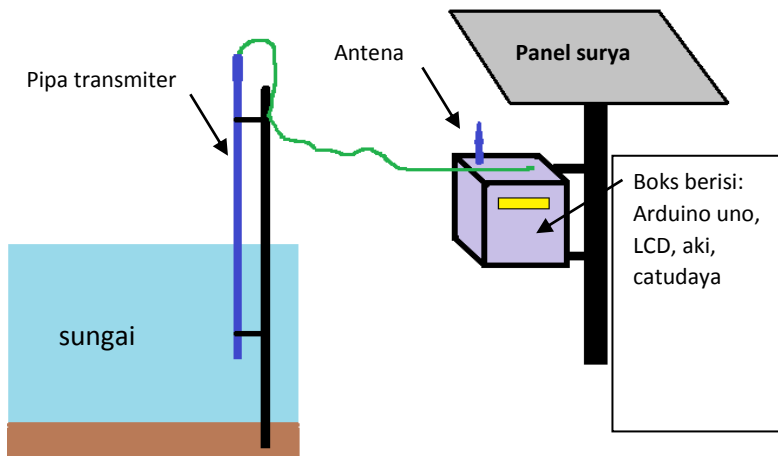
Kajian literatur digunakan untuk mengetahui konsep dasar dan cara kerja peralatan-peralatan yang digunakan seperti prinsip tekanan dalam fluida, sensor tekanan (BMP085), mikrokontroler ATmega382 (*Board Arduino*) dan Penggunaan LCD IM1632)

3.3.2 Rancangan, Desain dan Pembuatan Alat

Secara garis besar seperti yang digambarkan pada Gambar 3.2, prinsip kerja dari alat yang telah dibuat adalah dengan memanfaatkan tekanan dalam fluida (air sungai) yang semakin besar ketika ketinggian level air sungai meningkat. Tekanan tersebut dialirkan menggunakan pipa trasmitter yang tertutup sehingga tekana fluida tersebut menekan udara yang ada dalam pipa tertutup berdasarkan prinsip trasmitter pneumatik. Tekanan udara di dalam pipa kemudian diterima oleh sensor tekanan (BMP085) yang kemudian diproses oleh mikrokontroler. Modul mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino uno. Mikrokontroler kemudian memproses data tekanan menjadi data level ketinggian dan menampilkan data hasil pengukuran pada LCD agar mempermudah dalam proses pengukuran ketinggian permukaan air. Secara garis besar proses dalam pengukuran ketinggian air sungai dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Blok pengamatan ketinggian permukaan air sungai.

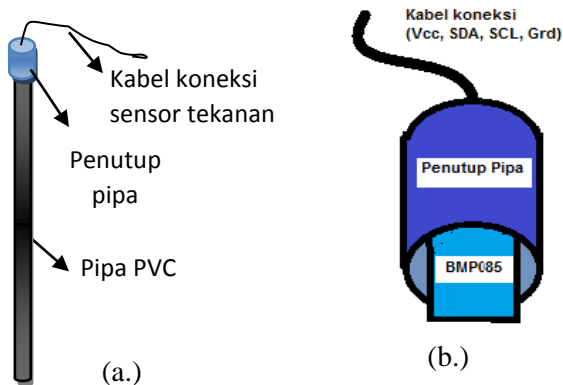


Gambar 3.3 Sistem Pengukuran Ketinggian Permukaan Air.

Blok-blok yang dirancang dalam penelitian ini meliputi:

1. Pipa *transmitter*

Pipa *transmitter* dirancang sebagaimana prinsip pneumatik yang disesuaikan dengan kebutuhan penelitian ini. Level tinggi sungai yang berbanding lurus dengan tekanan yang menekan udara di dalam pipa PVC. Salah satu ujung pipa ditutup rapat dan didalamnya terdapat sensor tekanan (BMP085). Sedangkan ujung yang lain dimasukan ke dalam sungai. Pipa PVC yang digunakan berdiameter 2 cm dan panjang 2 m. Untuk lebih jelasnya seperti pada Gambar 3.4.



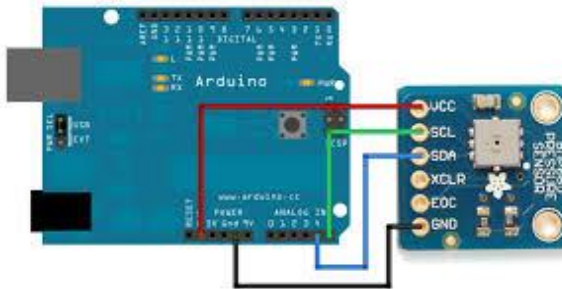
Gambar 3.4 Rancang Bangun: (a.) Pipa Transmitter dan (b.) Tutup Pipa Transmitter.

2. Sensor tekanan

Sensor tekanan yang digunakan dalam tugas akhir ini yaitu BMP085. Sensor ini sudah terintegrasi dalam suatu modul BMP085. Modul BMP085 dimasukkan ke dalam pipa transmitter dan diletakkan di ujung yang tertutup. Seperti yang terancang jelas pada gambar 3.4(b). Berdasarkan *datasheet*, koneksi antar pin I/O dari Arduino dan Modul BMP085 adalah sebagai berikut:

- Pin Vcc pada modul BMP085 dihubungkan dengan pin *output V 3,3 volt* pada *board* Arduino Uno.
- Pin *input Ground (Gnd)* pada modul BMP085 dikoneksikan dengan Pin Gnd pada Arduino Uno.
- Pin SDA pada BMP085 dikoneksikan dengan Pin 4 (analog) pada *Board* Arduino Uno.
- Pin SCL pada Modul BMP085 dikoneksikan dengan Pin 5 (Analog) pada *Board* Arduino Uno.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat koneksi Antar I/O Modul BMP085 dengan *board* Arduino Uno seperti Gambar 3.5.



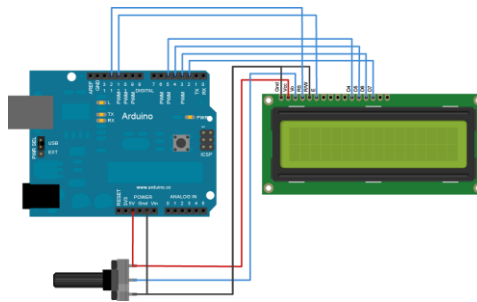
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor BMP085 dengan *Board* Arduino Uno.

3. Mikrokontroler

Mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali utama yang dapat mengambil dan mengolah data dari sensor tekanan kemudian menampilkannya di LCD dan memerintahkan SIM900 untuk mengirim ke *webserver* secara berkala. Dalam tugas akhir ini digunakan mikrokontroler Atmega328 yang terintegrasi dengan dalam *board* Arduino Uno yang mempunyai perangkat lunak tersendiri yang berfungsi sebagai *developer program* untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler (www.arduino.cc, 2015). Pin-pin yang tersedia pada modul Arduino Uno kemudian di koneksikan dengan I/O dari sensor tekanan (BMP085), LCD dan SIM900.

4. LCD

Liquid crystal display (LCD) berfungsi untuk menampilkan informasi yang terbaca dari sensor dan dapat dilihat langsung dilokasi. *Display* LCD merupakan sebuah *liquid crystal* atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Rangkaian LCD dengan Arduino adalah seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian LCD dengan Arduino.

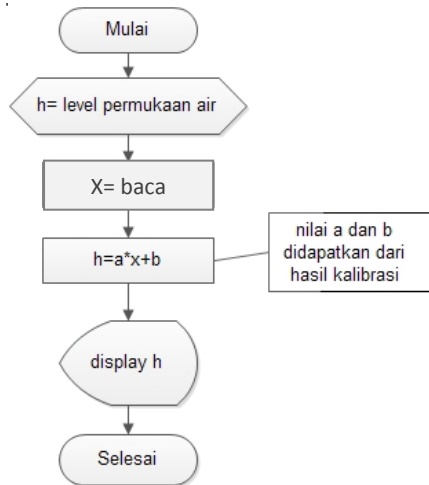
3.3.3 Kalibrasi

Kalibrasi level dilakukan dengan cara mempersiapkan kalibrotor berupa mistar, pipa, dan bak uji. Mistar di tempelkan pada bak uji, pipa disambungkan dengan kran air dan pipa trasmitter di pasang di bak uji. Koneksi sensor BPM085, Arduino uno, dan Leptop disambungkan. Kemudian dilakukan proses kalibrasi dengan cara memasukkan air ke dalam bak uji. Setiap penambahan air, bicatat level pada mistar dan tekanan yang terukur oleh sensor sebanyak 5 kali. Hasil data level dibandingkan dengan tekanan yang terukur pada sensor. Pengukuran level air dilakukan sebagaimana diagram alir pada Gambar 3.8.

3.3.4 Pengujian Alat

Pengujian Alat dilakukan untuk mengetahui kinerja Alat sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan mulai dari pengujian pipa trasmitter, sensor tekanan, dan tampila pada LCD.

Setelah di uji satu persatu kemudian, sistem diuji secara keseluruhan yaitu dengan membandingkan level yang dibaca oleh alat dengan level yang sebenarnya. Pengujian minimal dilakukan 3 kali.



Gambar 3.7 Diagram Alir Pengukuran Ketinggian.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan pembuatan alat ukur ketinggian permukaan air sungai dilakukan dengan pengukuran tekanan di dalam air sungai, kemudian dilakukan kalibrasi dan pengujian alat di sungai.

4.1. Pengukuran Tekanan di dalam Air Sungai

Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah BMP085. Modul BMP085 dipilih karena sesuai dengan kebutuhan dalam penelitian ini yakni mempunyai sensitivitas yang tinggi, konsumsi daya yang rendah, harganya yang terjangkau dan mudah dalam penggunaannya. Setelah rangkaian modul BMP085 dan *board* Arduino Uno serta koneksi ke komputer terpasang, kemudian dilakukan perancangan *software*. Pada penelitian tugas akhir ini tekanan yang dibaca oleh sensor adalah tekan udara (barometer). Setelah sensor tekanan BMP085 dapat membaca tekanan udara sekitar, maka modul BMP085 dimasukkan kedalam pipa transmiter agar dapat digunakan untuk membaca tekanan dalam air sungai.

Pipa transmiter ini berguna untuk mengubah level ketinggian air Sungai menjadi tekanan udara. Karena berdasarkan teori pada sub bab sebelumnya, level ketinggian sungai berbanding lurus dengan tekana dalam air. Untuk itu perlu dirancang dan dibuat transmiter yang mempermudah pengukuran level berbasis prinsip tekanan dengan menggunakan sensor BMP085. Oleh karena itu, dirancang dan dibuat transmiter berupa pipa dengan prinsip pneumatik. Tekanan didalam air sungai akan memampatkan udara dalam pipa transmiter sehingga tekanan udara dalam tabung meningkat.

Pipa transmiter menggunakan pipa PVC dengan diameter 2 cm dan panjang 2 m. Selain disesuaikan dengan kebutuhan dilapangan, panjang pipa juga disesuaikan dengan pipa PVC yang tersedia dipasaran. Hal ini juga bertujuan untuk menghindari

banyaknya penyambungan pipa yang mengakibatkan rawan kebocoran. Pada ujung atas pipa juga ditutup dengan rapat. Ketika terjadi kebocoran akan mengakibatkan penurunan nilai tekanan udara di dalam pipa meskipun tekanan dalam air sungai tetap. Padahal yang diharapkan adalah tekanan di dalam berubah berdasarkan tekanan dalam air sungai. Hasil perancangan dan pembuatan pipa trasnmitter dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Pipa transmiter dan sensor tekanan (BMP085).

Pengujian terjadinya kebocoran pada pipa transmiter dilakukan dengan cara memasukan pipa transmiter ke dalam air dan dibiarkan pada level ketinggian tertentu. Kemudian tekanan yang terbaca oleh sensor diamati. Ketika terjadi kebocoran, maka nilai tekanan yang terbaca akan terus menurun. Jika pipa transmiter bocor maka dilakukan perbaikan sampai pipa transmiter benar-benar tertutup rapat dan tidak bocor. Dengan

demikian maka dapat diketahui bahwa sensor BMP085 dapat digunakan mengukur tekanan di dalam air dengan media pipa transmiter. Setelah pipa transmitter dipastikan tidak bocor dan dapat digunakan untuk mengukur tekanan didalam air, selanjutnya dilakukan kalibrasi.

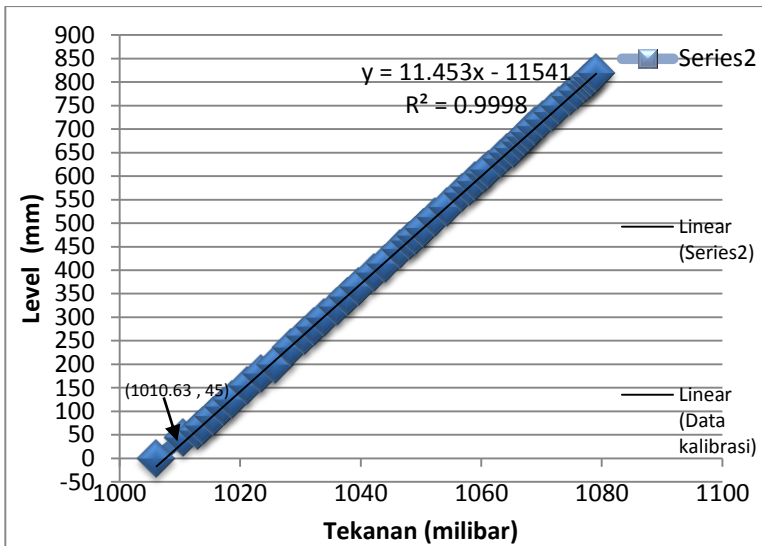
4.2. Kalibrasi Ketinggian Air

Kalibrasi pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan membandingkan pembacaan pada mistar dengan nilai tekanan yang terbaca oleh alat yang telah dirancang. Mistar yang digunakan dalam proses kalibrasi mempunyai ketelitian $\pm 0,5$ mm. Kalibrasi dilakukan di lantai 1 gedung G Jurusan Fisika ITS Surabaya. Sebelum kalibrasi dimulai, pengukuran tekanan atmosfer di lantai 1 gedung G Jurusan Fisika ITS Surabaya dilakukan terlebih dahulu. Pengukuran tekanan atmosfer tersebut dilakukan sebanyak 5 kali pada tempat yang sama. Rata-rata tekanan atmosfer di lantai 1 gedung G Jurusan Fisika ITS Surabaya yaitu sebesar 1006,14 milibar. Karena tekanan atmosfer di setiap tempat berbeda bergantung ketinggian terhadap permukaan air laut, maka tekanan atmosfer di lantai 1 gedung G Jurusan Fisika ITS Surabaya tersebut menjadi acuan awal.

Kalibrasi dilakukan dengan cara memasukkan air ke dalam bak air sedikit demi sedikit. Setiap level ketinggian permukaan tertentu di ambil data tekanan sebanyak 5 kali. Dari kalibrasi yang dilakukan pada penelitian ini, ditampilkan pada lampiran A. data yang diperoleh mulai dari level ketinggian 0 sampai ketinggian 819 mm karena menyesuaikan kedalaman bak air yg digunakan. Ketika level ketinggian air 0, tekanan yang terbaca oleh sensor tekanan sebesar 1006,14 milibar dan nilai ini merupakan nilai tekanan udara awal pada pipa transmiter.

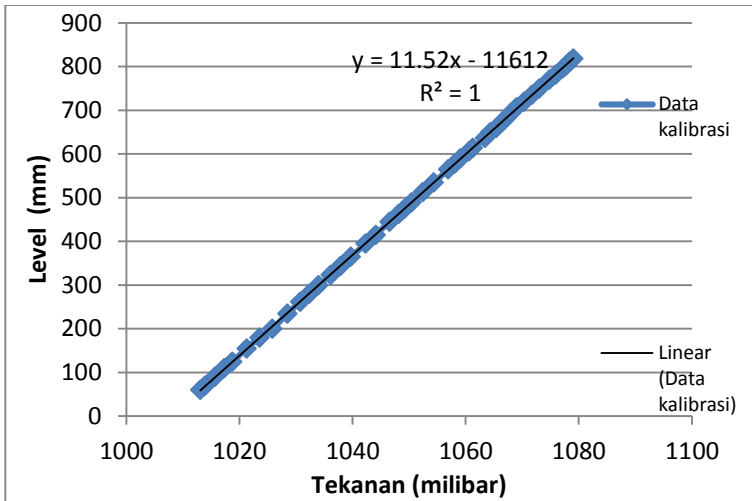
Setelah mendapatkan hasil data kalibrasi, kemudian dilakukan perbandingan data level ketinggian air sungai dengan nilai rata-rata pengukuran tekanan dari alat yang sudah dibuat dan didapatkan data perbandingan data level dengan nilai rata-rata pengukuran tekanan. Selanjutnya dicari hubungan antara level

dengan tekanan pada alat. Setelah itu, dibuat grafik hubungan antara level dengan tekanan yang didapatkan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hubungan level dengan tekanan pada alat.

Berdasarkan Gambar 4.2 diatas, kurva hubungan level dengan tekanan terlihat tidak linier pada level ≤ 45 mm. Hal ini dikarenakan adanya sedikit air terdorong ke dalam pipa transmiter. Air tersebut diakibatkan oleh tekanan di luar pipa transmiter lebih besar dibanding tekanan di dalam pipa transmiter. Sehingga perubahan level relatif lebih kecil dibandingkan dengan perubahan tekanan. Oleh karena itu, untuk mendapatkan faktor kalibrasi yang terbaik adalah dengan mengambil data kalibrasi pada level ≥ 60 mm. Setelah data kalibrasi tersebut sudah didapatkan, kemudian dibuat grafik hubungan level dengan tekanan pada alat yang terkalibrasi. Grafik ter sebut dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hubungan level dengan tekanan pada alat yang terkalibrasi.

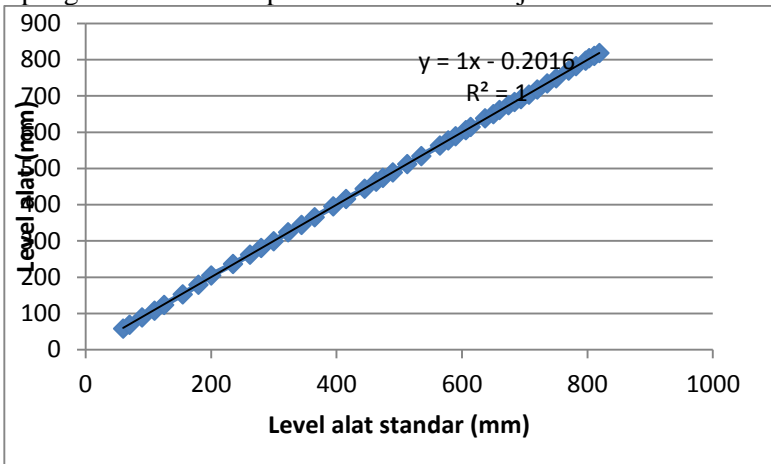
Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa data yang didapatkan linier. Semakin tinggi level air sungai makan semakin besar nilai tekanannya. Nilai koefisien determinasi pada regresi linier (r^2) adalah 1. Maka dapat diketahui bahwa alat yang dibuat mampu melakukan pengukuran level ketinggian air sungai dengan menggunakan prinsip tekanan. Regresi linier yang didapatkan dari grafik yaitu $y=11,52x-11612$, dimana y adalah level ketinggian (level) dan x adalah tekanan yang terbaca sensor. Persaman linier tersebut merupakan faktor kalibrasi level ketinggian air sungai (h), dimana h dalam satuan milimeter, maka dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Level = 11,52 \times tekanan - 11612 \dots \dots \dots (4.1)$$

Faktor kalibrasi diatas, kemudian dimasukkan dalam kode program *software* agar alat ukur dapat digunaka untuk mengukur ketinggian permukaan air. Alat ukur level

4.3. Pengujian Alat Ukur

Setelah didapatkan faktor kalibrasi yang terdapat pada persamaan 4.1, kemudian persamaan tersebut dimasukkan kedalam *software* dan digunakan untuk pengujian nilai level ketinggian. Pengujian dilakukan di laboratorium dan juga di lapangan. Pengujian di laboratorium bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari alat ukur yang telah dirancang. Pengujian di lapangan dilakukan di pintu air kali Wonorejo.



Gambar 4.4 Grafik hubungan level alat ukur standar dengan level alat ukur

Pengujian di laboratorium dilakukan ditempat yang sama dengan pengambilan data kalibrasi. Sehingga tidak diperlukan koreksi akibat tekanan atmosfer. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan level mistar dengan level alat yang telah dirancang. Pembacaan level alat dilakukan sebanyak 6 kali. Data yang didapat pada uji laboratorium kemudian perhitungan untuk mengetahui ketelitian (*accuracy*) dan kecermatan (*precision*). Data hasil pengujian di laboratorium terdapat pada lampiran B. Pengujian alat dilakukan untuk mengukur level air di dalam bak air. Berdasarkan data uji yang telah diperoleh, terlihat bahwa ada perbedaan nilai pengukuran level oleh alat pada ketinggian

permukaan level yang sama namun perbedaan nilai ini cukup kecil. Hasil pengujian ini juga dapat dilihat pada gambar 4.4.

Setelah mengetahui performa dari alat ukur yang telah dibuat pada kondisi air tak bergerak atau hidrostatik, kemudian dilakukan pengujian di pintu air kali Wonorejo Surabaya. Pengujian alat dilakukan untuk mengamati kenaikan air pasang di pintu air Wonorejo. Sebelum alat ukur level dipasang, yang dilakukan terlebih dahulu adalah mengukur tekanan atmosfer di pintu air kali Wonorejo. Tekanan atmosfer yang terukur di pintu air kali Wonorejo yaitu 1013,43 milibar. pada tekanan 1013,43 mb, alat ukur level menunjukkan level 63 mm. Pada saat alat ukur belum dipasang, dengan demikian level tersebut menjadi koreksi untuk alat ukur.

Alat ukur dipasang vertikal pada ketinggian awal 1,4 m dari dasar kali. Karena level kenaikan permukaan air akibat pasang surut mulai dari level 1m sampai 2,5 m. Pasang surut pada pintu air kali Wonorejo karena terimbas dari pasang surutnya air laut. Pemasangan alat yang cukup tinggi juga bertujuan untuk menghindari lumpur yang dapat mengakibatkan tersumbatnya alat ukur. Alat ukur dipasang ditepi sungai dimana lebih dangkal dari tengah sungai.

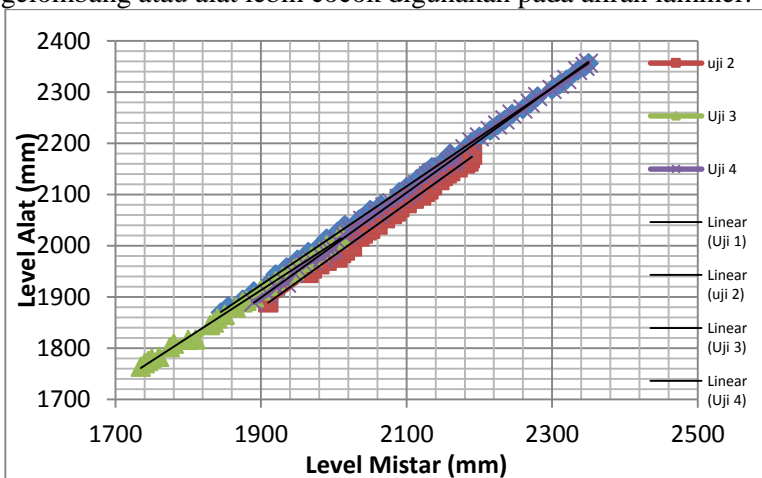
Adanya perbedaan tekanan atmosfer dan pemasangan alat pada level awal 1,4 m mengakibatkan adanya koreksi untuk faktor kalibrasi alat. Berdasarkan adanya koreksi tersebut, maka faktor kalibrasi alat (persamaan 4.1) yang diperoleh maka terlihat kelinieran dari pengukuran level dan dapat disimpulkan bahwa alat yang dibuat dapat melakukan pengukuran ketinggian permukaan air di pintu air kali wonorejo faktor koreksi sebagai berikut:

$$Level = 11,52 \times Tekanan - 10149 \dots \dots \dots (4.2)$$

Persamaan yang diperoleh dimasukkan kedalam software guna untuk akurasi pengukuran.

Pengujian alat di pintu air kali Wonorejo dilakukan 4 kali pada hari yang berbeda. Data hasil pengujian di kali Wonorejo ditampilkan di lampiran C. Jika dilihat pada hasil perhitungan

kesalahan pengukuran (*error*) dari pengujian kali ini, kesalahan pengukuran dari alat mencapai 0-9%. Kesalahan terkecil yaitu 0,02 % pada pengujian ke 4 dan kesalahan pengukuran terbesar pada pengujian ke 3 yaitu sebesar 8,99%. Hasil rata-rata kesalahan pengukuran pada setiap pengujian secara berturut-urut dari pengujian pertama sampai pengujian ke empat yaitu 2,38%, 2,8%, 3,52% dan 0,64%. Kesalahan pengukuran terbesar pada pengujian ke 3 karena terjadi gelombang yang cukup besar dan lama karena adanya perahu nelayan yang melewati sungai. Pada pengujian yang pertama dan ke dua juga ada perahu nelayan yang lewat namun tidak sesering pada pengujian ke 3. Pada pengujian ke 4 kesalahan pengukuran kecil karena kondisi sungai cukup tenang, tidak ada perahu yang lewat. Gelombang aliran Air ini berpengaruh karena gelombang aliran tersebut juga membawa energi. Energi tersebut merambat dan mengakibatkan adanya usaha. Usaha ini lah yang mengakibatkan adanya gaya dan tekanan pada alat sehingga tekanan yang terbaca bernilai besar padahal level permukaan air rendah. Untuk itu perlu adanya absorber gelombang atau alat lebih cocok digunakan pada aliran laminar.



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian alat ukur level ketinggian sungai di pintu air Wonorejo

Data hasil pengujian juga dapat diamati pada gambar 4.4. Berdasarkan grafik pada gambar 4.4, terlihat bahwa hasil alat ukur yang telah dibuat tetap menunjukkan hasil yang linier dalam 4 kali pengujian di waktu yang berbeda. Perbedaan setiap pengujian lebih kecil dari 4cm. Perbedaan ini bisa diakibatkan oleh gelombang aliran sungai yang berbeda. Jangka pengukuran setiap pengujian juga berbeda karena menyesuaikan kondisi lokasi dan kondisi alam. Berdasarkan pengujian tersebut dapat diketahui bahwa alat ukur ketinggian permukaan air yang telah dibuat dapat digunakan dengan baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada tugas akhir maka didapat simpulan sebagai berikut :

1. Sistem sensor level air berbasis prinsip tekanan menggunakan pipa transmiter.
2. Sensor Tekanan BMP085 dan pipa transmiter yang dirancang mampu digunakan dengan baik dengan berdasarkan faktor kalibrasi: $\text{Level} = 11,52 \times \text{Tekanan} - 11612 \text{ mm}$.
3. Ketinggian ketinggian permukaan air pasang di pintu air Wonorejo dapat diamati dengan faktor koreksi: $\text{Level} = 11,52 \times \text{Tekanan} - 10149 \text{ mm}$.

5.2 Saran

Untuk penelitian berikutnya disarankan agar menggunakan sensor tekanan yang mempunyai jangkauan pengukuran yang lebih baik dari pada sensor tekanan yang digunakan dalam penelitian ini agar sensor memiliki tingkat keakurasian yang lebih besar. Serta perlu adanya cover untuk pipa transmiter yang berguna mengurangi gangguan gelombang pada permukaan Air Sungai dan kecepatan aliran sungai. Selain itu, dapat dibuat *Human monitoring interface* (HMI) untuk lebih memudahkan dalam pengamatan ketinggian permukaan Air.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Armawati, Nuning. 2013. **Rancang Bangun Sistem Monitoring Level Air Dalam Proses Pengolahan Air Bersih pada Biosand filter**. Surabaya : ITS.

Giancoli, Douglas C. 2001. **Fisika, Edisi Kelima**. Jakarta: Erlangga.

Ginting, Suriadi. 2009. **Sensor Pyrometer sebagai alat ukur Temperatur**. Yogyakarta : Univ. Andalas.

Halliday, David & Resnick, Robert. 1990. **Fisika, Jilid 1 Edisi Ketiga**. Jakarta: Erlangga.

Sears, Francis W. & Zemansky, Mark W. 1994. **Fisika untuk Universitas 1**. Bandung: Binacipta.

Morris, Alan S. 2001. **Measurement and Instrumentation Principles**. Butterworth Heinemann, ISBN 0- 7506 5081-8

<http://en.wikipedia.org/wiki/Telemetry>, waktu akses: 6/6/2015/10:37

https://etd.ohiolink.edu/ap/10?0::NO:10:P10_ACCESSION_NUM:ucin1183994884, waktu akses:6/6/2015/10:42

http://www.simcom.us/act_admin/supportfile/SIM900_HD_V1.01%28091226%29.pdf

<http://www.jasonvolk.com/wpcontent/uploads/2010/04/mega328p.jpg>

www.arduino.cc

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN A
Data Hasil Pembacaan Level Tinggi Air dengan Mistar dan
Sensor Tekanan (BMP085)

Level (mm)	Tekanan (mb)					
	1	2	3	4	5	Rata-rata
0	1006.06	1006.13	1006.11	1006.15	1006.23	1006.14
45	1010.6	1010.61	1010.58	1010.66	1010.66	1010.63
60	1013.06	1013.04	1013.07	1013.06	1013.05	1013.06
70	1013.96	1013.96	1013.95	1013.9	1013.99	1013.95
90	1015.81	1015.68	1015.68	1015.68	1015.66	1015.71
110	1017.34	1017.34	1017.27	1017.34	1017.34	1017.33
125	1018.73	1018.76	1018.75	1018.77	1018.68	1018.75
155	1021.27	1021.29	1021.29	1021.25	1021.25	1021.27
180	1023.57	1023.57	1023.53	1023.51	1023.59	1023.55
200	1025.67	1025.73	1025.84	1025.89	1025.92	1025.84
235	1028.5	1028.53	1028.5	1028.5	1028.47	1028.5
262	1030.81	1030.75	1030.77	1030.73	1030.74	1030.76
280	1032.4	1032.36	1032.33	1032.36	1032.32	1032.36
300	1033.98	1033.99	1033.97	1033.96	1034.02	1033.99
323	1036.13	1036.2	1036.12	1036.09	1036.11	1036.13
344	1037.94	1037.9	1037.93	1037.89	1037.89	1037.91
365	1039.8	1039.74	1039.7	1039.67	1039.68	1039.71
395	1042.31	1042.29	1042.29	1042.29	1042.39	1042.31
415	1044.08	1044.1	1044.08	1044.1	1044.09	1044.09
445	1046.57	1046.58	1046.54	1046.48	1046.54	1046.54
463	1048.18	1048.21	1048.17	1048.18	1048.23	1048.19

474	1049.15	1049.15	1049.13	1049.16	1049.18	1049.15
490	1050.51	1050.51	1050.47	1050.52	1050.43	1050.49
513	1052.52	1052.53	1052.46	1052.44	1052.39	1052.47
535	1054.39	1054.38	1054.36	1054.38	1054.38	1054.38
565	1056.91	1056.92	1056.96	1056.96	1056.89	1056.93
578	1058.14	1058.11	1058.12	1058.13	1058.13	1058.13
590	1059.14	1059.09	1059.05	1059.13	1059.14	1059.1
606	1060.65	1060.62	1060.57	1060.59	1060.59	1060.6
614	1061.34	1061.32	1061.32	1061.32	1061.26	1061.31
637	1063.42	1063.49	1063.39	1063.41	1063.37	1063.41
650	1064.42	1064.35	1064.36	1064.36	1064.42	1064.38
660	1065.49	1065.41	1065.42	1065.4	1065.38	1065.4
674	1066.57	1066.55	1066.51	1066.58	1066.56	1066.56
684	1067.31	1067.32	1067.29	1067.32	1067.23	1067.3
694	1068.01	1067.94	1067.98	1068	1068.01	1068
707	1069.04	1069.08	1068.99	1069.13	1069.05	1069.06
720	1070.41	1070.35	1070.31	1070.31	1070.34	1070.35
736	1071.83	1071.78	1071.75	1071.81	1071.76	1071.78
750	1073.08	1072.94	1072.98	1072.99	1073.02	1073
770	1074.8	1074.79	1074.84	1074.83	1074.75	1074.81
782	1076.02	1075.94	1075.93	1075.92	1075.88	1075.93
797	1077.25	1077.22	1077.21	1077.29	1077.24	1077.23
803	1077.9	1077.76	1077.76	1077.8	1077.83	1077.82
811	1078.38	1078.36	1078.38	1078.38	1078.33	1078.37
819	1079.09	1079.11	1079.09	1079.01	1079.06	1079.07

LAMPIRAN B

Data Hasil Pengujian dan perhitungan

Rumus:

$$\text{Standar Deviasi } (\sigma) = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(x_i - x_r)^2}{n - 1}}$$

$$\text{Keseksamaan} = \left(1 - \frac{\sigma}{x_r}\right) \times 100\%$$

Level mistar (mm)	Level Alat (mm)						Rata-Rata	Standar deviasi (σ)	Keseksamaan (%)
L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Lr		
60	58	58	59	58	58	58	58	0.120823	99.79
70	69	69	69	68	69	68	69	0.35257	99.49
90	90	89	89	89	88	89	89	0.634123	99.29
110	108	108	107	108	108	108	108	0.323108	99.70
125	124	124	124	124	123	125	124	0.499495	99.60
155	153	153	153	153	153	153	153	0.206076	99.87
180	180	180	179	179	180	179	179	0.344959	99.81
200	204	204	206	206	207	208	206	1.445596	99.30
235	236	237	236	236	236	237	236	0.237956	99.90
262	263	262	262	262	262	262	262	0.33914	99.87
280	281	281	280	281	280	281	281	0.344959	99.88
300	299	300	299	299	300	300	300	0.24886	99.92

323	324	325	324	324	324	324	324	0.453543	99.86
344	345	345	345	344	344	345	345	0.24618	99.93
365	366	366	365	365	365	365	365	0.591908	99.84
395	395	395	395	395	396	395	395	0.474516	99.88
415	416	416	416	416	416	416	416	0.113264	99.97
445	444	445	444	443	444	444	444	0.405661	99.91
463	463	463	463	463	464	463	463	0.282181	99.94
474	474	474	474	474	475	474	474	0.279028	99.94
490	490	490	489	490	489	489	490	0.397398	99.92
513	513	513	512	512	512	512	512	0.599335	99.88
535	535	534	534	534	534	534	534	0.113264	99.98
565	564	564	564	564	563	564	564	0.325835	99.94
578	578	577	578	578	578	578	578	0.198421	99.97
590	589	589	588	589	589	588	589	0.55328	99.91
606	607	606	606	606	606	606	606	0.360019	99.94
614	615	614	614	614	614	614	614	0.369718	99.94
637	639	639	638	638	638	638	638	0.517332	99.92
650	650	649	649	649	650	649	650	0.374474	99.94
660	662	662	662	661	661	660	661	0.637949	99.90
674	675	675	674	675	675	675	675	0.304064	99.95
684	683	684	683	684	682	684	683	0.424837	99.94
694	691	691	691	691	691	692	691	0.421176	99.94
707	703	704	703	704	703	704	704	0.535401	99.92
720	719	718	718	718	718	718	718	0.423272	99.94
736	735	735	735	735	735	735	735	0.354447	99.95
750	750	748	749	749	749	749	749	0.540336	99.93
770	770	770	770	770	769	770	770	0.431039	99.94
782	784	783	783	783	782	782	783	0.593774	99.92
797	798	798	797	798	798	797	798	0.403474	99.95

803	805	804	804	804	805	805	804	0.629573	99.92
811	811	811	811	811	810	811	811	0.252391	99.97
819	819	819	819	818	819	819	819	0.414827	99.95

LAMPIRAN C

Data Hasil Pengujian di Pintu Air Kali Wonorejo

Data 1 dan 2

Data 1			Data 2		
Level (mm)		Error	Level (mm)		Error
Mistar	Alat	%	Mistar	Alat	%
1845	1869	5.39	1910	1889	4.10
1855	1881	5.73	1965	1946	3.30
1875	1894	4.02	1970	1955	2.56
1890	1910	4.12	1980	1963	2.86
1910	1926	3.19	1990	1970	3.31
1920	1943	4.49	2005	1976	4.72
1935	1957	4.19	2010	1986	4.01
1950	1972	4.08	2015	1991	3.98
1965	1988	3.99	2020	2001	3.13
1980	1999	3.20	2025	1999	4.23
1990	2014	4.01	2035	2018	2.73
2005	2027	3.59	2040	2024	2.55
2015	2040	4.02	2045	2030	2.37
2035	2051	2.49	2050	2033	2.66
2050	2069	2.90	2060	2041	2.92
2065	2080	2.24	2070	2054	2.42
2090	2104	2.03	2080	2062	2.67
2100	2114	2.01	2085	2067	2.65

2115	2130	2.12	2090	2075	2.19
2125	2142	2.37	2100	2083	2.44
2135	2153	2.48	2110	2092	2.54
2150	2164	1.91	2120	2098	3.06
2160	2179	2.55	2125	2105	2.75
2180	2189	1.20	2130	2110	2.73
2190	2202	1.58	2135	2118	2.30
2200	2212	1.56	2145	2128	2.26
2215	2225	1.17	2150	2136	1.84
2225	2236	1.28	2155	2141	1.83
2235	2246	1.27	2160	2145	1.95
2245	2257	1.38	2170	2153	2.18
2260	2267	0.78	2180	2160	2.53
2270	2278	0.89	2185	2164	2.64
2280	2291	1.23	2187	2170	2.12
2300	2305	0.54	2190	2177	1.60
2310	2315	0.54			
2320	2324	0.43			
2335	2342	0.76			
2345	2350	0.54			
2350	2356	0.64			
Error rata-rata		2.38	Error rata-rata		2.80

Data 3 dan 4

Data 3			Data 4		
Level (mm)		Error	Level (mm)		Error
Mistar	Alat	%	Mistar	Alat	%

1735	1764	1.91	1890	1890	0.01
1740	1771	1.10	1910	1906	0.88
1745	1775	1.79	1920	1920	0.06
1750	1780	1.30	1935	1927	1.58
1760	1783	1.49	1945	1947	0.30
1775	1802	1.51	1950	1956	1.04
1780	1809	1.71	1960	1964	0.68
1800	1816	1.17	1970	1971	0.15
1810	1817	1.54	1985	1977	1.44
1830	1845	1.17	1990	1986	0.67
1835	1850	1.76	1995	1991	0.73
1840	1858	1.98	2000	1994	0.98
1850	1865	2.20	2005	2009	0.73
1865	1879	2.64	2015	2018	0.54
1875	1889	1.86	2020	2024	0.67
1880	1892	2.52	2025	2030	0.75
1890	1899	2.97	2030	2034	0.59
1900	1913	3.02	2040	2049	1.47
1910	1921	3.33	2050	2054	0.62
1920	1930	4.08	2060	2062	0.30
1930	1939	3.43	2065	2067	0.36
1940	1946	3.47	2070	2075	0.79
1945	1951	1.65	2080	2084	0.56
1945	1953	3.94	2090	2092	0.29
1950	1959	7.56	2100	2099	0.17
1960	1968	7.12	2105	2105	0.05
1970	1978	6.29	2110	2110	0.01
1980	1988	8.46	2115	2119	0.56
1990	2001	8.58	2125	2129	0.55

2005	2012	8.99	2130	2137	0.90
2010	2022	8.52	2135	2142	0.89
			2140	2145	0.72
			2150	2154	0.49
			2160	2161	0.10
			2165	2165	0.02
			2167	2171	0.51
			2170	2178	1.00
			2180	2189	1.20
			2190	2202	1.58
Error rata-rata		3.52	Error rata-rata		0.64

LAMPIRAN D

Program Pembacaan Tekanan, Level dan Tampilan LCD

```
//BMP085
```

```
#include <SFE_BMP180.h>
```

```
#include <Wire.h>
```

```
double level;
```

```
double Level;
```

```
SFE_BMP180 pressure;
```

```
//lcd
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(13, 12, 11, 10, 9, 8);
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  //lcd
```

```
  lcd.begin(16,2);
```

```
  //Serial.println("REBOOT");
```

```
  if (pressure.begin())
```

```
    //Serial.print("LEVEL: ");
```

```
    {
```

```
      lcd.setCursor(0, 0);
```

```
      lcd.print("LEVEL BngwnSolo:");
```

```
    }
```

```
  else
```

```
  {
```

```
    Serial.print("gagal \n\n");
```

```
    while(1); // Pause forever.
```

```
    }  
}  
  
void loop() {  
  
    char status;  
  
    double T,P,p0,a;  
  
    status = pressure.startTemperature();  
  
    if (status != 0)  
    {  
  
        delay(status);  
  
        status = pressure.getTemperature(T);  
  
        if (status != 0)  
        {  
  
            status = pressure.startPressure(3);  
  
            if (status != 0)  
            {  
  
                // Wait for the measurement to complete:  
  
                delay(status);  
  
                status = pressure.getPressure(P,T);  

```

```
if (status != 0)
{
    Serial.print(P,2)
    level=13.9*P-14030;
    Level=(level)+4000;
    //Serial.print(level);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(Level);
    lcd.setCursor(11, 1);
    lcd.print("mm");
}
else{}

}

else{}

}

else{}

}

else{}
```

```
delay(500);
```

```
}
```

LAMPIRAN E

Foto-Foto Pengambilan Data







BIODATA



Moh Fahrudin, dilahirkan di Lamongan, 12 Januari 1992, anak kedua dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Kusen dan Ibu Kasemu. Pendidikan formal penulis ditempuh di TK Muslimat Mathli'ul Anwar (1996-1998), MI Tarbiyatul Banin (1998-2004), MTs Putra-Putri (2004-2007), dan MA Matholi'ul Anwar (2007-2010) yang semua berada di Yayasan PP. Matholi'ul

Anwar Simo Sungelebak Karanggeneng Lamongan. Kemudian dilanjutkan Pendidikan Tinggi di Jurusan Fisika ITS Surabaya (2010-2015). Pendidikan penulis di perguruan tinggi ditempuh melalui beasiswa Jalur Bidik Misi 2010. Penulis pernah aktif dalam Organisasi madrasah (2008-2010), Himasika ITS (2011-2013). Penulis pernah tergabung dalam tim riset briket "The Pundo" yang mendapatkan dana penelitian dari dikti dalam ajang Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) selama 2 tahun berturut-turut. Penulis juga pernah meraih Juara 3 dalam Lomba recycle Art se Surabaya. Penulis juga mempunyai pengalaman kerja praktek di PT Petrokimia Gresik.